

第 238 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 『CUDA-Q+Wisteria/BDEC-01+h3-Open-BDEC』で『量子・ HPC ハイブリッド』を体験してみよう！（ハイブリッド）

中 島 研 吾

東京大学情報基盤センター

本稿では、2024 年 12 月 18 日（水）に開催した第 238 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「『CUDA-Q+Wisteria/BDEC-01+h3-Open-BDEC』で『量子・HPC ハイブリッド』を体験してみよう！」¹（共催：東京大学情報基盤センター，エヌビディア合同会社，PC クラスタコンソーシアム（HPC オープンソースソフトウェア普及部会），協賛：「量子・スパコン連携プラットフォームの構築」プロジェクト（JHPC-quantum）（NEDO ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業／ポスト 5G 情報通信システムの開発「計算可能領域の開拓のための量子・スパコン連携プラットフォームの研究開発」））²）について紹介する。

東京大学情報基盤センター（本センター）は、NEDO ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業／ポスト 5G 情報通信システムの開発「計算可能領域の開拓のための量子・スパコン連携プラットフォームの研究開発」の一環として実施されている「量子・スパコン連携プラットフォームの構築プロジェクト（JHPC-quantum）」²（理化学研究所，ソフトバンク）に大阪大学とともに協力機関として参加している。本プロジェクトでは、IBM・Quantinuum 社製による量子コンピュータ実機とスーパーコンピュータ群（富岳，東大・阪大のスパコン群）を実際に結合した「量子・HPC ハイブリッド連携環境」を構築し，2026 年度から「量子・HPC ハイブリッド連携」サービスの提供を開始し，新しい科学技術，価値の創造に貢献する。

本センターは，「計算・データ・学習（S+D+L）」融合スーパーコンピュータシステム「Wisteria/BDEC-01」³の運用，「S+D+L」融合を実現する革新的ソフトウェア基盤「h3-Open-BDEC」⁴の研究開発によって得られた成果・知見に基づき，「量子・HPC ハイブリッド連携環境」を実現するためのシステムソフトウェアの研究開発を担当している。

「Wisteria/BDEC-01」のうち「Aquarius（データ・学習ノード群）」は NVIDIA A100 Tensor core GPU を 360 基搭載した GPU クラスタで，2024 年 10 月から NVIDIA が開発している量子古典ハイブリッド計算のためのオープンソースプラットフォーム「NVIDIA CUDA-Q」⁵を利用可能となっている。本チュートリアルでは，エヌビディア（NVIDIA）合同会社の全面的協力のもとに開催し，まず「NVIDIA CUDA-Q」の利用方法を講義・ハンズオンを通して学んでいただく。その他，Aquarius 上の CUDA-Q を「量子コンピュータ」，「Wisteria/BDEC-01（Odyssey）（シミュレーションノード群，Fujitsu/Arm A64 搭載）」を「スパコン」と見立て，h3-Open-BDEC によって両者がリアルタイムに連携する「量子・HPC ハイブリッド連携」シミュレーション環境を使用して「量子・HPC ハイブリッド連携」を体験していただいた。シミュレータではあるものの「量子・

¹ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/238>

² <https://jhpc-quantum.org/>

³ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/wisteria/service/>

⁴ <https://h3-open-bdec.cc.u-tokyo.ac.jp/>

⁵ <https://developer.nvidia.com/cuda-q>

「HPC ハイブリッド連携」を、世界に先駆けて体験できる機会を提供した。アプリケーションとしては、Python で記述された VQE (Variational Quantum Eigensolver) に関する簡単なプログラムを使用し、Odyssey 1 ノード、Aquarius 1GPU を使用した。

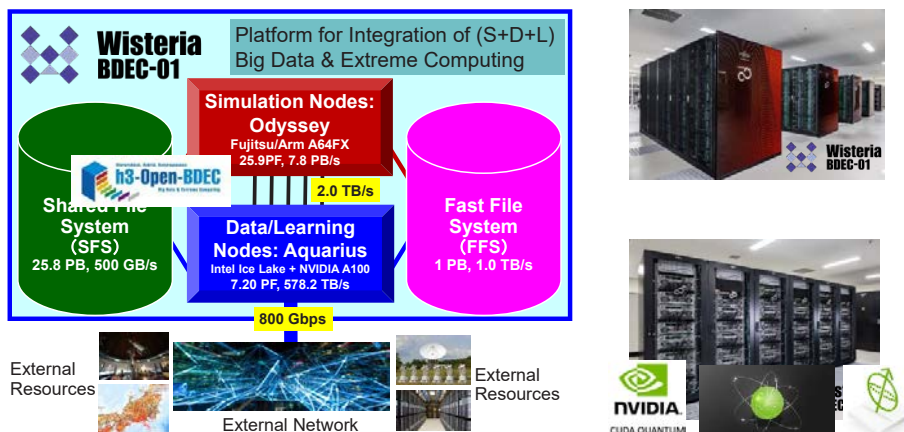


図 1 Wisteria/BDEC-01 上の量子-HPC ハイブリッド連携環境

表 1 スケジュール

10:00-10:10	挨拶・趣旨背景（中島研吾（東京大学情報基盤センター））
10:10-10:30	NVIDIA Quantum の紹介（座学） ⁶ （丹愛彦（NVIDIA））
10:30 - 12:00	CUDA-Q 入門（座学＋演習） ⁷ （濱村一航（NVIDIA））
13:00 - 14:30	発展的な利用例（座学＋演習）VQE（Variational Quantum Eigensolver） ⁸ （濱村一航（NVIDIA））
15:00 - 17:00	量子・HPC ハイブリッド連携環境（座学＋演習） ⁹ （荒川隆（CliMTech, 東京大学情報基盤センター））

表 1 は講習会のスケジュールである。各スロットの講演の録画の視聴が可能である。事前登録者は 23 名、出席者は 20 名（学生：7 名、大学・研究機関教職員：2 名、企業・その他：11 名）となった。講習会終了後にアンケートを実施した（回収本数：12）。表 2 は質問項目と回答（5 段階評価）の人数分布である。全体的な満足度の平均値は 5 点満点で 4.33 であった。アンケートの自由記述欄には、以下のような記述があった：

（Zoom 環境について）

- ・ 資料がわかりやすい（2 名）
- ・ ホワイトボードが見えない。時々音声途切れることがある。

（内容について）

- ・ 資料は、多くてもかまいません。サンプルプログラムを沢山出してほしい。できれば、C 言

⁶ <https://youtu.be/I3ccwLdUmIE>

⁷ <https://youtu.be/SuOqgaJYSmE>

⁸ <https://youtu.be/0f6KJPrgpDw>

⁹ <https://youtu.be/uAWDP5BWxt8>

語がいいです。

- 予習できるように事前に講習会資料を共有してほしい。
- CUDA-Q で量子・HPC ハイブリッドのシミュレータを体験できて良かったです。
- プログラムを実行して量子回路の絵が表示されたのが印象的でした。
- アルゴリズムの発展を待つ必要があると思うが、ツール紹介をもう少し超えたレベルの講習があると嬉しい。
- 擬似量子のためのライブラリ・実際の量子計算機のデモのいずれも若干利用したことがあったが、普段から使っているスパコン（計算科学）とはまだ離れていると感じていたため、連携のツール・現状について知ることができ参考になった。ゲート操作だけでなく、実際の演算（線形方程式の求解など）に繋がる例題もあると面白い。
- 進み具合はやや速かったが、内容は CUDA-Q、ハイブリッド共にとても良かったと思います。実機で走るサンプルプログラムがあるので、復習すると後から理解できるようになる点が素晴らしいと思います。GH200 にも大いに期待しているので、今回以降の Miyabi 版が楽しみです。

表 2 アンケート集計結果

	評点	1	2	3	4	5
(a) 講習会時間	短い⇔長い			8	3	1
(b) 講習会講義内容（プレゼン）	簡単⇔難			5	6	1
(c) 配布資料内容	簡単⇔難		1	10	1	
(d) サンプルプログラム内容	簡単⇔難	1	1	6	2	2
(e) 満足度（平均 4.33）	不満⇔満足	1		2	3	6

注：満足度の評点 1（不満）の方からのコメントは無し

今回は初めての試みということもあり、ギリギリまで準備に時間がかかったこと、また遠隔参加者に不便な点などもあったが、全体的に好評であった。来年度に Miyabi-G を利用した講習会を計画中である。